

Mission Cassini–Huygens

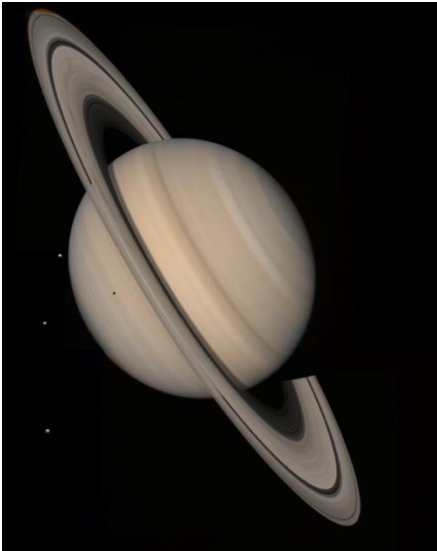
UE : SCIENCE ET SYSTEMES SPATIAUX 2014

LIBERATORE MARIANNA & PERALDI BASTIEN

Table des matières

Introduction.....	2
Les objectifs de la mission	3
Titan.....	3
Anneaux de Saturne	3
Magnétosphère de Saturne.....	3
Saturne	3
Lunes de Saturne	3
Défis techniques	4
La Sonde Cassini	4
L'atterrisseur Huygens.....	4
Cassini.....	5
Fiche technique	5
Description des instruments	6
Huygens.....	8
Fiche technique	8
Description des instruments	8
Le voyage.....	9
Le lancement	9
Voyage jusqu'à Saturne.....	10
Mise en orbite autour de Saturne	10
L'arrivée d'Huygens sur Titan.....	12
Bilan et Ouverture	13
Bibliographie.....	14

Introduction



Vue de Saturne avec les lunes Tethys, Dione et Rhea en vraies couleurs pas Voyager 2

Depuis longtemps Saturne et ses lunes éveille la curiosité des scientifiques. Déjà au seizième siècle, Galilée avait remarqué une forme anormale de la planète, comme « étirée sur les bords ». Ce mystère ne sera résolu qu'en 1659 lorsque le Hollandais Christian Huygens découvre les anneaux entourant Saturne. Il découvre également Titan, un des satellites de la géante gazeuse. Un peu plus tard, Jean Dominique Cassini découvre quatre autres satellites de la géante gazeuse (Japet, Rhéa, Téthys et Dioné), et mène de nombreuses études sur cette dernière.

Mais il faut attendre la conquête de l'espace durant la Guerre Froide pour que Saturne et Titan deviennent des sujets d'études scientifiques majeurs. En 1979, la sonde Pioneer 11 survole

Saturne pour la première fois. Elle découvre de nouvelles lunes autour de la géante gazeuse aux anneaux et effectue des

analyses de son champ magnétique. Elle est suivie en 1980 par Voyager 1, puis en 1981 par Voyager 2. Ces missions de reconnaissance livrent de nombreux secrets. Le plus spectaculaire : la détection de molécules organiques dans l'atmosphère de la lune Titan similaires à celles qui auraient permis la vie sur Terre. Les sondes Voyager confirment également que Saturne est entourée de milliers d'anneaux aux structures extrêmement complexes, et non pas 4 ou 5 comme les scientifiques le pensaient auparavant.

Dès lors, deux problématiques majeures se sont soulevées :

- Quelle est l'origine des anneaux de Saturne ?
- Titan peut-il nous aider à comprendre l'apparition de la vie sur Terre ?

Mener une nouvelle mission spatiale afin de répondre à ces questions était donc nécessaire. Vers la fin les années 80 la NASA et l'Agence Spatiale Européenne (ESA) lance une longue collaboration dans le but de collecter le plus d'informations possibles sur la géante gazeuse et ses satellites et, qui sait comprendre l'origine de la vie sur Terre ?

Ainsi naît la mission Cassini-Huygens, nom donné en l'honneur des deux astronomes ayant joué un rôle majeur dans l'étude du système saturnien. C'est l'une des missions les plus coûteuses et ambitieuses à ce jour, avec un budget total de 3,27 milliards de dollars US.

Cette mission a apporté énormément d'informations significatives sur le système saturnien, et continue d'en fournir encore aujourd'hui.

En quoi la mission Cassini-Huygens constitue-t-elle un succès ? Nous nous concentrerons ici sur les différents objectifs de la mission, les contraintes auxquelles les équipes scientifiques ont dû faire face, les solutions techniques qui leur ont permis de les résoudre et enfin comment les objectifs ont été remplis.

Les objectifs de la mission

Si plusieurs survols avaient déjà été effectués auparavant autour de Saturne et ses satellites, la mission Cassini-Huygens se devait de fournir des informations beaucoup plus détaillées sur l'ensemble du système saturnien. Ainsi, les objectifs de la mission portent sur de nombreux sujets : Titan, Saturne, ses anneaux, sa magnétosphère, ses diverses lunes glacées, et enfin les différentes interactions qui peuvent exister entre eux.

TITAN

Titan constitue une problématique clé dans la mission Cassini-Huygens ; l'étude de la composition chimique de son atmosphère et de son sol pourrait apporter des informations intéressantes quant à la formation de la vie sur Terre :

- Analyse de la composition chimique de Titan (propriétés physiques, température...)
- Calculer la vitesse des vents et découvrir des hypothétiques orages.
- Etudier la composition du sol et modéliser le relief de Titan, notamment afin de déterminer une piste d'atterrissage pour Huygens
- Cartographier la surface du sol, prendre des clichés du paysage
- Recherche des molécules organiques plus ou moins complexes

ANNEAUX DE SATURNE

Depuis leur découverte par Huygens en 1659, les anneaux de Saturne constituent un sujet majeur d'études en astrophysique :

- Etude de la configuration des anneaux et les processus dynamiques divers responsables de leur structure
- Etudier et cartographier des matériaux composant les anneaux, les trier selon leurs propriétés physiques et chimiques.
- Déterminer la relation entre les anneaux, l'atmosphère, la magnétosphère de Saturne

MAGNETOSPHERE DE SATURNE

- Déterminer la configuration de la magnétosphère de la planète
- Déterminer les systèmes de courant, la composition et les sources des particules ionisés présents dans la magnétosphère
- Déterminer ses interactions avec les lunes, les anneaux et les vents solaires
- Etudier ses interactions avec l'atmosphère de Titan

SATURNE

- Etudier l'atmosphère de Saturne, sa ionosphère, sa vitesse de rotation,
- Etude de ses vents et des nuages de Saturne
- Déterminer, suite aux observations menées sur la composition de l'atmosphère (composition des gaz, isotopes...)
- Etudier l'origine et la structure des éclairs de Saturne

LUNES DE SATURNE

- Déterminer les propriétés générales des satellites et leur évolution géologique, leur composition minérale, chimique et organique des matériaux ainsi que leur distribution.
- Déterminer les interactions entre le champ magnétique, les anneaux, les gaz libérés dans la magnétosphère

Défis techniques

Pour avoir une analyse précise à la fois de Saturne et de Titan, il fallait en quelque sorte séparer la mission en deux.

Il fallait concevoir deux systèmes séparés ; un qui puisse se mettre en orbite autour de Saturne pour acquérir le plus d'informations possible sur son milieu extérieur – l'orbiteur Cassini – et un autre qui s'occupe essentiellement de recueillir des données sur la surface de Titan – l'atterrisseur Huygens.

Pas mal de défis techniques ayant été préalablement résolus grâce aux missions spatiales précédentes, les problèmes majeurs de la mission Cassini-Huygens étaient essentiellement liés au poids du module sonde/atterrisseur, son placement autour de l'orbite saturnienne et l'envoi d'Huygens sur Titan.

LA SONDE CASSINI

Le défi majeur de l'orbiteur Cassini était de pouvoir porter le maximum d'instruments de mesure tout en faisant en sorte de ne pas atteindre un poids excessif, sans quoi, impossible de le lancer avec le module Huygens !

Il fallait mettre le carburant nécessaire pour les diverses manœuvres, tout en prévoyant une assistance tierce qui permette d'économiser le plus possible sur le carburant. Ce problème est très vite résolu par l'assistance gravitationnelle des planètes du système solaire.

Par ailleurs, il faut également penser à protéger la sonde lors du passage à proximité du Soleil pendant les différentes orbites d'accélération, problème rapidement réglé par un système simple et ingénieux en la parabole de la sonde.

Dans le cas contraire où la sonde parvient au niveau de Saturne, les rayons solaires qui arrivent à cette distance ne sont pas assez puissants pour pouvoir utiliser des panneaux solaires afin d'alimenter Cassini. Une autre source d'énergie est nécessaire, et c'est celle des générateurs thermoélectriques à radioisotope (RTG).

Tous ces problèmes avaient déjà été résolus auparavant grâce aux missions antérieures de Pioneer et Voyager. Le vrai défi technique de cette mission était de placer la sonde Cassini en orbite autour de Saturne, lui faire décrire toutes les orbites nécessaires autour de celle-ci, mais surtout bien programmer son passage près de Titan pour y envoyer le module Huygens, et par la suite assurer d'intermédiaires pour tous les envois de données vers la Terre.

L'ATTERRISEUR HUYGENS

Atterrissage de la sonde Huygens sur Titan :

L'atmosphère de Titan étant plus dense que celle de la Terre, il a fallu construire un bouclier thermique capable de résister à de très hautes températures.

Utilisation de plusieurs parachutes permettant à la sonde de se poser sur la surface sans abîmer les instruments à bord de la sonde.

Résistance à de faibles températures : -180 °C à la surface de Titan.

Modélisation de la surface de Titan par le biais de l'orbiteur Cassini. La surface de la lune de Saturne ne pouvait pas être observée depuis la Terre.

Mise en veille de la sonde Huygens durant les 7 années de voyages entre la Terre et Titan.

Résistance aux chocs et à l'atmosphère de Titan.

Cassini

Conçue par l'équipe de la NASA, la sonde Cassini, en orbite autour de Saturne, étudie la planète géante, ses anneaux et ses satellites avec 12 instruments scientifiques. Ces derniers permettent des études variées de l'environnement de Saturne (magnétosphère, plasma et particules chargées) des atmosphères de Saturne, Titan et Encelade et des surfaces des satellites dans toutes les gammes de longueurs d'onde, des ondes radios à l'UV en passant par le radar, le visible et l'infrarouge.

FICHE TECHNIQUE

- **Masse :**
 - Masse à vide de Cassini : 2125 kg
 - Masse de carburant : 3627 kg
 - Module Cassini-Huygens : 5712 kg
 -
- **Taille :** 6,7m de haut pour 4m de large
- **Propulsion:** La propulsion principale est assurée par deux moteurs-fusées à ergols liquides ayant une poussée fixe et non orientable d'environ 445 Newtons. Ces propulseurs réallumables brûlent un mélange d'hydrazine et de peroxyde d'azote qui sont mis sous pression avec de l'hélium.
- **Système de contrôle d'attitude :** La sonde est stabilisée 3 axes durant toutes les phases de la mission. Le système de contrôle d'attitude est chargé de maintenir l'orientation de la sonde spatiale. Pratiquement tous les équipements de l'orbiteur étant fixes, il revient à ce système d'assurer le pointage de ceux-ci vers leurs cibles. Ceci inclut notamment le pointage des antennes vers la Terre pour les sessions de télécommunications, l'utilisation de l'antenne grand gain en tant qu'émetteur/récepteur radar, l'orientation de l'axe optique des instruments de télédétection (caméras...) vers l'objet visé et le maintien de l'orientation lorsque les propulseurs principaux sont mis en marche. Le contrôle de l'orientation est effectué principalement à l'aide de viseurs d'étoiles, capteurs de Soleil et centrale à inertie qui sont tous présents à deux exemplaires pour pouvoir faire face à une panne. Les modifications d'orientation sont effectuées à l'aide de quatre roues de réaction dont une de secours et quatre groupes de quatre petits propulseurs mono-ergols brûlant de l'hydrazine.
- **Énergie :** Trois générateurs thermoélectriques à radioisotope fournissent l'énergie électrique en convertissant la chaleur produite par la radioactivité du plutonium en électricité. Ce système rend le satellite indépendant de l'éclairage solaire qui est cent fois plus faible au niveau de l'orbite de Saturne qu'en orbite terrestre.
- **Télécommunications :** Pour les télécommunications avec la Terre, Cassini utilise trois antennes différentes : 1 antenne à grand gain fixe de 4 mètres de diamètre et 2 antennes à faible gain. Le signal met entre 68 à 84 minutes à parvenir jusqu'à la Terre en fonction de la position de Saturne sur son orbite. Les télécommunications se font en bande X (8,4 Ghz en émission, 7,2 Ghz en réception).

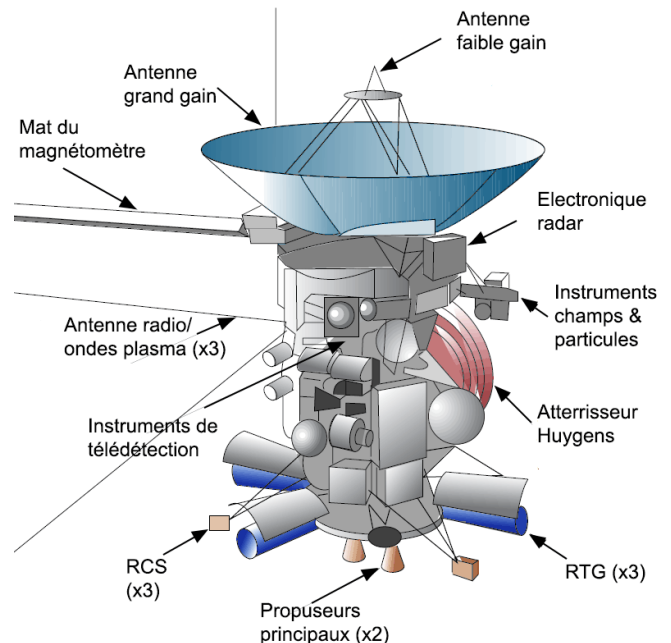


DESCRIPTION DES INSTRUMENTS

Cassini regroupe 12 instruments répartis dans trois domaines spécifiques :

Quatre instruments dédiés à la *téledétection* :

- ISS (*Imaging Science Subsystem*) est une caméra fonctionnant dans le visible, le proche ultraviolet et le proche infrarouge.
- UVIS (*Ultraviolet Imaging Spectrograph*) est un spectrographe permettant l'analyse en ultraviolet des atmosphères et des anneaux afin d'en étudier les structures, la chimie et la composition.
- VIMS (*Visible and Infrared Mapping Spectrometer*) est un spectromètre chargé d'identifier les compositions chimiques des surfaces, atmosphères et anneaux de Saturne et de ses lunes par la mesure des couleurs émises ou réfléchies en lumière visible et dans le proche-infrarouge.
- CIRS (*Composite Infrared Spectrometer*) est un spectromètre infrarouge qui mesure le rayonnement infrarouge des surfaces, des atmosphères de Saturne et de ses satellites naturels ainsi que de ses anneaux pour étudier leur température et leur composition.



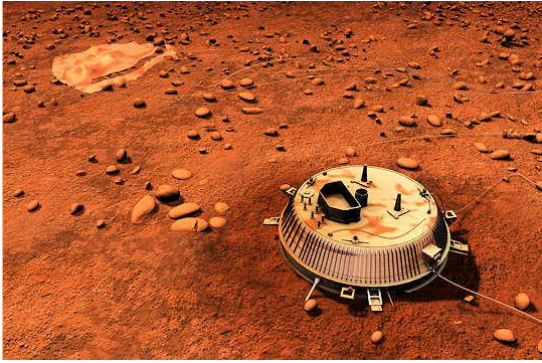
Six autres ayant pour rôle l'étude des champs et particules à proximité des capteurs :

- CAPS (*Cassini Plasma Spectrometer*) est un spectromètre qui permet l'étude du plasma (gaz fortement ionisé) à proximité ou à l'intérieur du champ magnétique de Saturne.
- CDA (*Cosmic Dust Analyser*) est un instrument d'analyse de la glace et des grains de poussière situés dans le système de Saturne à proximité de la sonde spatiale.
- INMS (*Ion and Neutral Mass Spectrometer*) est un spectromètre de masse qui permet l'analyse des particules neutres et chargées à proximité de Titan, Saturne et de ses lunes pour mieux connaître l'étendue de leurs atmosphères et ionosphères.
- MAG (*Dual-Technique Magnetometer*) est un magnétomètre utilisé pour étudier le champ magnétique de Saturne et ses interactions avec le vent solaire, les anneaux et les lunes de Saturne.
- RPWS (*Radio and Plasma Wave Spectrometer*) analyse les ondes plasma générées par le vent solaire, les émissions naturelles d'ondes radio et la poussière.
- MIMI (*Magnetospheric Imaging Instrument*) est un instrument chargé de cartographier la magnétosphère de Saturne et de mesurer les interactions entre la magnétosphère et le vent solaire.

Enfin, deux instruments de télédétection par ondes radio, permettent de « cartographier » l'atmosphère des divers satellites de Saturne, collecter des données sur la taille des particules constituant les anneaux et « révéler » la surface de Titan (non-observable depuis l'espace à cause de son atmosphère très dense) :

- Un radar pour cartographier la surface de Titan qui a la capacité de percer le voile nuageux. Il est aussi utilisé pour mesurer les hauteurs des éléments de la surface.
- RS (Radio Science Subsystem) est une expérience qui utilise l'oscillateur ultrastable de l'émetteur radio pour analyser l'atmosphère de Titan et de Saturne, la structure et la composition des anneaux et pour mesurer le champ de gravité de Saturne et de ses lunes par analyse de l'effet Doppler.

Huygens



Vue d'artiste d'Huygens sur Titan

La sonde Huygens est un module de l'orbiteur Cassini, il a été construit par l'agence spatiale européenne (ESA) pour étudier le satellite de Saturne : Titan. Depuis la découverte du Satellite par Christian HUYGENS, Titan a intrigué les scientifiques. L'atmosphère de Titan est très dense et rend impossible l'observation de sa surface depuis la terre. L'objectif de la mission du module Huygens était donc d'analyser la composition chimique de l'atmosphère de Titan et de son sol.

FICHE TECHNIQUE

- Son poids : 348 kilos
- La sonde mesure 1.3 m de diamètre (2.7 m avec le bouclier thermique)
- Source d'énergie : des batteries ont été sélectionnées pour répondre aux exigences de la mission (2 h 30 d'autonomie) c'est à dire : alimenter en énergies les différents instruments pendant l'atterrissage du module.
- Un système de communication innovant pour permettre de communiquer facilement avec la terre : Cassini a été utilisé comme une station relais par le biais de son antenne grand gain.

DESCRIPTION DES INSTRUMENTS

- Aerosol Collector and Pyrolyser : c'est un instrument de mesure permettant d'étudier les particules de l'atmosphère. L'instrument est constitué d'un filtre qui est placé à l'avant de la sonde pour analyser les résidus lors de la descente.
- The Doppler Wind Experiment : l'instrument de mesure permettant de mesurer la vitesse des vents et les propriétés de l'atmosphère avec l'effet Doppler.
- Huygens Atmosphere Structure Instrument : c'est un instrument constitué d'une multitude de capteurs pour analyser les propriétés physiques de l'atmosphère, comme la température la pression, la conductivité atmosphérique (jouant un rôle pour détecter des orages) et les propriétés diélectriques de l'atmosphère.
- Descent imager/spectrale Radiometer : c'est un instrument permettant de prendre des mesures spectrales de l'atmosphère. Il est capable de prendre des images lors de la descente de la sonde, 700 m avant de toucher le sol, une lampe de 20 W s'est allumée pour éclairer la surface de Titan.
- Gas Chromatograph and Mass Spectrometer : l'instrument analyse la composition chimique de l'atmosphère, l'instrument reconnaît et quantifie les différents gaz. il est doté d'échantillonneurs qui seront remplis à haute altitude.
- Surface Science Package : est une suite de capteurs fonctionnant à la fin de la descente de la sonde. l'instrument permet de mesurer la composition du sol de Titan et ses propriétés physiques (la température, la conductivité thermique, la vitesse du son, la constante diélectrique).

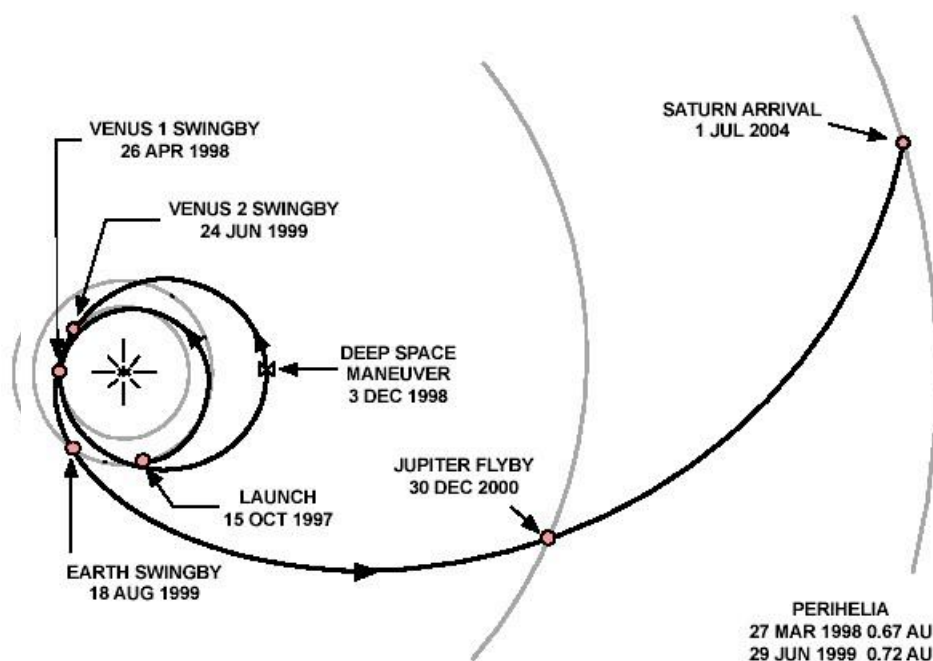
Le voyage

LE LANCEMENT



La date de lancement n'avait pas été choisie de façon anodine. En effet, il fallait pouvoir parcourir le maximum de distance avec le minimum de carburant, compte de tenu de la masse imposante du module qui limitait la vitesse de lancement. A l'instar de Pioneer et Voyager, il fallait recourir à l'assistance gravitationnelle. Pour avoir celle de Jupiter, qui est non-négligeable, il était impératif de lancer le module entre le 6 octobre et 15 novembre 1997, dernière période possible où la géante gazeuse était alignée avec la trajectoire du satellite. Dans le cas contraire, le voyage était rallongé de cinq ans. L'endommagement de la protection thermique de la sonde Huygens et sa réparation retardent le lancement de quelques semaines. Des problèmes techniques liés aux ordinateurs repoussent le lancement de deux jours. Le décollage du module est effectué finalement le 15 octobre 1997 à Cap Canaveral en Floride à bord du lanceur Titan-IVB Centaur.

Le lancement fut presque parfait, une légère correction fut nécessaire. La sonde est placée par la suite sur une orbite d'attente, puis effectuée une manœuvre 19 minutes plus tard pour être transférée sur une orbite héliocentrique. Et ainsi le long voyage de Cassini-Huygens débute...



VOYAGE JUSQU'A SATURNE

Malgré la puissance du lanceur Titan-IVB Centaur, celui-ci ne peut fournir au module la vitesse suffisante pour parcourir la distance qui sépare la Terre de Saturne d'une traite, à cause de son poids trop important. Pour remédier à ce déficit de vitesse, il était nécessaire d'avoir recours à l'assistance gravitationnelle.

Les manœuvres par assistance gravitationnelle fonctionnent grâce à l'attraction gravitationnelle mutuelle entre une planète en mouvement et un engin spatial. La planète attire l'engin lorsque celui-ci vole à proximité, mais la masse de l'engin attire également la planète, bien qu'avec une influence moindre. Cela permet un échange d'énergie bénéfique au satellite.

La sonde effectue d'abord deux orbites autour du Soleil. Lors de la première orbite, la sonde est d'abord accélérée lors d'un premier passage à proximité de Vénus le 26 avril 1998. A cause de sa proximité avec le Soleil, la sonde est orientée de sorte à ce que la parabole grand-gain protège le corps de l'orbiteur des puissants rayons solaires.

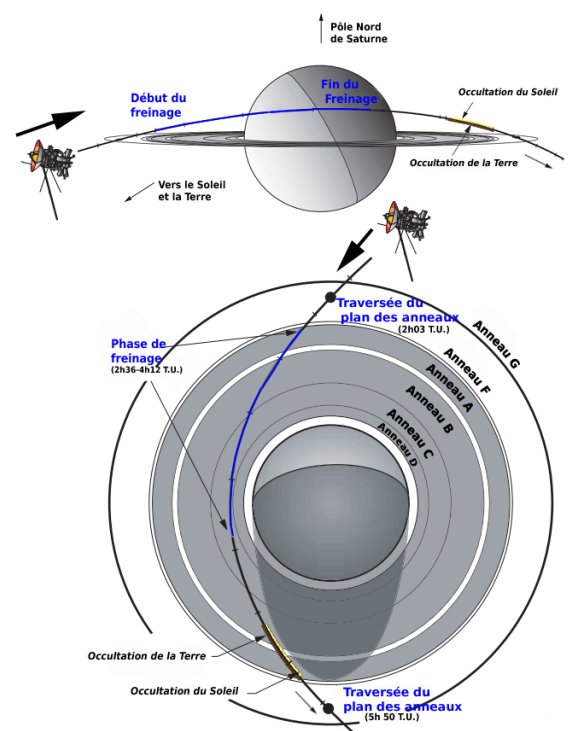
Le 3 décembre 1998, le module effectue une importante correction de trajectoire, faisant effectuer un autre passage à proximité de Vénus le 24 juin 1999. Là encore, la parabole est orientée vers le Soleil de sorte à protéger les instruments de l'échauffement. Le 18 août 1999, la sonde survole la Terre, ce qui lui confère une accélération supplémentaire, ce qui porte sa vitesse à 19,1 km/s, soit une incrémentation de vitesse de 8,7 km/s par rapport à son lancement. L'assistance gravitationnelle procurée par Vénus et la Terre aura fourni une énergie équivalente à 68 040 kg de carburant pour fusée !

L'engin spatial peut à présent effectuer son voyage vers Saturne. A présent assez loin du Soleil pour ne plus à devoir protéger le corps de l'orbiteur, celui-ci est orienté le 1^{er} décembre 1999 afin que l'antenne grand-gain pointe vers la Terre.

La sonde survole Jupiter le 30 décembre 2000. Elle arrivera dans le système saturnien le 1^{er} juillet 2004.

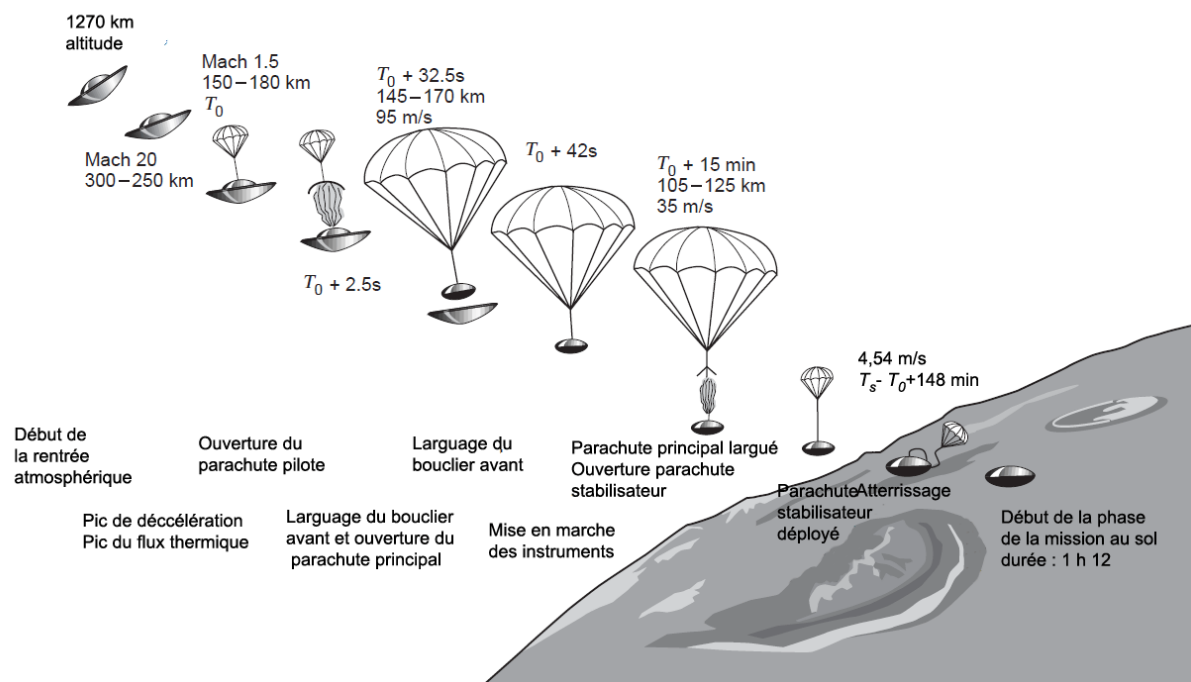
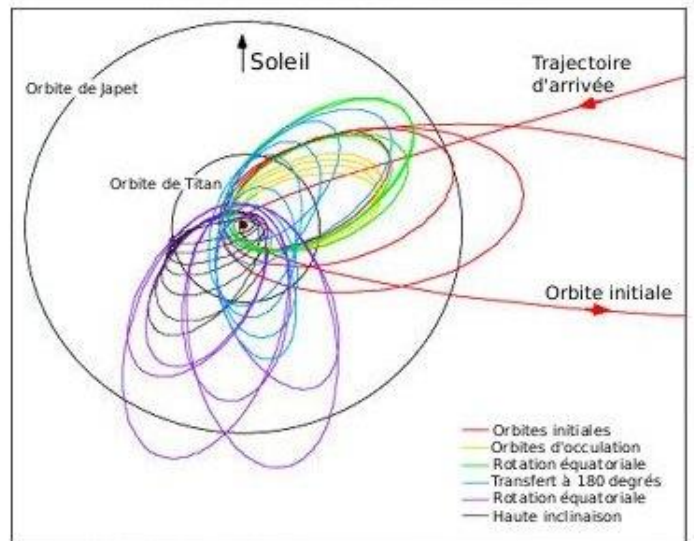
MISE EN ORBITE AUTOUR DE SATURNE

Durant son trajet entre Jupiter et Saturne, Cassini effectue quelques corrections de trajectoire mineures. Les divers instruments de la sonde s'activent au fur et à mesure que l'engin spatial se rapproche de la planète géante ; déjà à 2,5 UA (environ 3 milliards de km) de Saturne, l'instrument [RSWP](#) pouvait capter des signaux radio émis par la planète. Cassini débute l'analyse de l'atmosphère de Saturne et de ses anneaux dès décembre 2003, et effectue les premiers clichés de la géante gazeuse le 6 février 2004, puis de Titan en avril. Outre leur rôle principal de collecteurs de données, les instruments de Cassini servent également à la détection d'éventuels obstacles lorsque la sonde s'apprête à traverser le plan des anneaux.



Cassini pénètre dans le système saturnien en survolant au passage à une distance extrêmement rapprochée le satellite Phoebe le 11 juin 2004. La sonde va effectuer le 1^{er} juillet 2004 une traversée du plan des anneaux (cf schéma) en passant entre les anneaux F et G à 2h00 Temps Universel (TU). L'antenne grand-gain est dirigée vers l'avant de telle sorte à protéger le corps de l'engin en cas d'obstacle hypothétique. Environ trente minutes plus tard la sonde effectue une phase de freinage au-dessus du plan des anneaux grâce à son propulseur principal. Celui-ci est orienté de telle sorte à réduire la vitesse de la sonde afin qu'elle puisse se mettre en orbite autour de Saturne. A 5h50 TU la sonde passe à nouveau entre les anneaux F et G. L'orbite actuelle de Titan l'oblige à passer à travers les anneaux de la planète ; une correction de la trajectoire à l'aide du propulseur principal permet de modifier le périégée de l'orbite de la sonde afin de le faire passer au-delà des anneaux. Lors de cette mise en orbite, Cassini a pu commencer à enregistrer quelques données et prendre de nombreux clichés qui, outre capturer de façon inédite Saturne, ses anneaux, et Titan, a permis la découverte de deux autres petits satellites de Saturne, Méthone et Pallène. Ceci n'est que le tout début du travail de Cassini, qui va s'étaler en théorie sur plus de 70 orbites autour de Saturne.

Orbite théorique de Cassini autour de Saturne
Vue depuis le pôle nord de Saturne



L'ARRIVEE D'HUYGENS SUR TITAN



Première image du sol de Titan prise par Huygens

Le 16 décembre 2004 : dépourvus de propulseurs et de tout moyen de manœuvre, Cassini a donc modifié sa trajectoire pour envoyer le module Huygens dans la bonne direction vers Titan.

Le 23 décembre 2004 : des ressorts situés entre les deux engins fournissent une poussée au module, Huygens est éjecté de Cassini.

Le 14 janvier 2005 : vers 10 h 13 (heure de Paris), Huygens rentre de l'atmosphère de Titan avec une vitesse de 5 km/s. Les instruments sont réactivés en hautes atmosphères après une mise en veille de 7 ans. Les frottements de l'atmosphère avec le bouclier thermique atteignent une température de 1800 °C. A partir de 140 km d'altitude, un parachute de 2.6 m de diamètre est

déployé et éjecte le bouclier. D'autres parachutes seront déployés dont un parachute principal mesurant 8.3 m de diamètre. Vers 10 h 23 m, à 700 m d'altitude, Huygens allume une lampe pour éclairer la surface de Titan. Les données de Huygens sont envoyées à la sonde Cassini.

A 12 h 35 : après 2 heures et 30 m de descente, la sonde Huygens se pose sur la surface de Titan

A 14 h 45 : la communication entre Cassini et Huygens se termine mettant fin à 4 h 30 de transmission.

Vers 14 h 57 : la sonde Cassini pointe son antenne grand gain vers la terre et envoie les données collectées par Huygens.

Problèmes techniques rencontrés :

Un des deux canaux constituant le système de communication entre Cassini et Huygens n'a pas fonctionné lors de la transmission. Une partie des données a été perdue (la moitié des images prises par Huygens et les données analysées par le Doppler Wind instrument), le repérage du module par Cassini a permis de calculer la vitesse et la direction des vents sur Titan.

Bilan et Ouverture

Après 7 années de voyage, la mission Cassini-Huygens a permis d'analyser la composition, la configuration des anneaux, le champ magnétique de Saturne. Elle a permis d'établir la communication entre la Terre et le module Huygens à l'aide de son antenne grand-gain. Le module Huygens a collecté des informations sur la composition de l'atmosphère et de la topographie de Titan qui était alors inconnue depuis l'espace. L'orbiteur Cassini a permis de collecter entre autre énormément d'informations sur l'atmosphère de Saturne, la structure et la composition de ses anneaux, ainsi que sur ses satellites et sa magnétosphère, nous permettant de une plus ample compréhension du système saturnien, même si d'autres observations sont nécessaires.

Malgré les problèmes rencontrés, la mission Huygens a été un véritable succès. C'est à ce jour le module à s'être posé le plus loin sur un satellite dans le système solaire. Les batteries du module Huygens ont fonctionnées pendant 4 h 30 alors qu'elles avaient initialement une autonomie de 2 heures 30 min.

Les instruments ont révélé la composition de la surface et de l'atmosphère de Titan. Les scientifiques ont pu alors avoir assez d'information pour modéliser les structures géologiques à la surface du satellite et de son environnement. Titan est constitué principalement d'azote, d'hydrocarbures de méthanes sous forme liquide (lacs de méthane, précipitations de méthane) et de gaz présent dans l'atmosphère. Le sol de Titan est composé de sable et renferme une activité cryovolcanique. Mais il n'est pas possible encore de répondre à la problématique initiale.

Bien que la fin de la mission était prévue le 30 juin 2008, la NASA, constatant que la sonde n'avait pas épuisé tout son carburant, décide d'étendre la mission de 2 ans sous le nom de *Cassini Equinox Mission* en raison de l'équinoxe de Saturne qui a lieu le 11 août 2009. L'orbiteur effectue 60 orbites supplémentaires, et collecte de nombreux clichés et informations de Titan, Encelade, Mimas, Téthys et Dioné, Rhéa et Hélène.

Grâce à l'attribution d'un budget supplémentaire, la NASA étend à nouveau la mission sur 7 ans rebaptisé *Cassini Solstice Mission* car elle doit permettre d'observer le système de Saturne au moment du solstice d'été de son hémisphère nord qui a lieu en mai 2017. La sonde Cassini continuera de tourner autour de l'orbite saturnien et de transmettre des données à la terre jusqu'en 2017, terminant sa longue carrière en beauté : à l'automne de cette année-là, Cassini passera plusieurs fois entre les anneaux et la planète et se désintègrera et réalisant une ultime rentrée dans l'atmosphère de Saturne.

Après avoir effectué le voyage jusqu'à Saturne sans encombres majeures, collecté nombre de données extrêmement importantes et inédites pour la communauté scientifique et témoigné une certaine efficacité puisque la mission a connu deux extensions, et ceux malgré les problèmes de budgets initiaux, on peut sans problème affirmer que la mission Cassini-Huygens constitue un succès majeur en réussissant son pari initial très ambitieux.

Suite à la réussite de Cassini-Huygens, une future sonde sera envoyée avec la coopération de la NASA et de l'agence spatiale européenne. Elle sera constituée d'un orbiteur construit par la NASA et de deux modules européens : une montgolfière et une plateforme qui devrait se poser sur un lac de méthane. Cette future mission devra explorer la surface de Titan, d'analyser les composés organiques comme les acides aminés et d'étudier la magnétosphère de Saturne et d'Encelade.

Bibliographie

Page dédiée à la mission Cassini-Huygens sur le site du CNES

<http://www.cnes.fr/web/CNES-fr/323-cassini-huygens.php>

Page dédiée de l'ESA (Anglais)

http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Cassini-Huygens

Autre page du CNES

<http://smc.cnes.fr/CASSINI/Fr/>

JPL-NASA (Anglais)

<http://saturn.jpl.nasa.gov/>